

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭60-247988

⑬ Int.Cl.⁴

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和60年(1985)12月7日

H 01 S 3/18

7377-5F

審査請求 有 発明の数 1 (全6頁)

⑮ 発明の名称 半導体レーザ

⑯ 特 願 昭60-73627

⑰ 出 願 昭60(1985)4月9日

優先権主張 ⑱ 1984年4月12日 ⑲ オランダ(NL) ⑳ 8401172

㉑ 発 明 者 ラムベルトウス・ヨハン・メウレマンズ オランダ国5621 ベーアー アインドーフエン フルーネ
グアウツウエツハ1

㉒ 発 明 者 アドリアーン・フアルスター オランダ国5621 ベーアー アインドーフエン フルーネ
グアウツウエツハ1

㉓ 出 願 人 エヌ・ベー・フィリッブス・フルーイランベ
ンフアブリケン オランダ国5621 ベーアー アインドーフエン フルーネ
グアウツウエツハ1

㉔ 代 理 人 弁理士 杉村 曉秀 外1名

明 細 書

1. 発明の名称 半導体レーザ

2. 特許請求の範囲

1. 第1導電型の基板とその上に設けられた層構造とを有し、この層構造は、連続して、少なくとも第1導電型の第1不活性層と、第2導電型の第2不活性層と、これ等第1および第2不活性層の間にあって、十分に大きな順方向電流で、共振器内に位置する活性層の帯形活性領域内にコヒーレントな電磁放射線を発生するpn接合を有する活性層と、前記の活性領域の区間で、中断層を有する電流制限用ブロック層とを有し、前記の第1および第2不活性層は前記の活性層よりも発生放射線に対する小さな屈折率と大きな禁止帯幅とを有し、第2不活性層と基板とは接統導体に接続された半導体レーザにおいて、乱された結晶構造を有する高抵抗領域が、半導体の基板と反対の側から少なくとも前記のブロック層を通り抜けて帯形活性領域の外側に両方向に

延在することを特徴とする半導体レーザ。

2. 分布結晶構造を有する高抵抗領域はプロトン打込みによって得られた領域である特許請求の範囲第1項記載の半導体レーザ。
3. ブロック層は隣接半導体材料とpn接合を形成する半導体層である特許請求の範囲第1項記載の半導体装置。
4. 帯形活性領域は、活性層よりも発生放射線に対する小さな屈折率と大きな禁止帯幅を有する第2導電型の境界領域によって横方向に限界された特許請求の範囲第3項記載の半導体装置。
5. 帯形活性領域は、2つの溝によって限界され、これ等の溝は、第2不活性層の上側から活性層を通して第1活性層内迄延在し、境界領域とこの境界領域上に設けられた第1導電型のブロック層とで少なくとも部分的に満たされた特許請求の範囲第4項記載の半導体レーザ。

3. 発明の詳細な説明

本発明は、第1導電型の基板とその上に設けられた層構造とを有し、この層構造は、連続して、少なくとも第1導電型の第1不活性層と、第2導電型の第2不活性層と、これ等第1および第2不活性層の間にあって、十分に大きな順方向電流で、共振器内に位置する活性層の帯形活性領域内にコヒーレントな電磁放射線を発生するpn接合を有する活性層と、前記の活性領域の区間で中断層を有する電流制限用ブロック層とを有し、前記の第1および第2不活性層は前記の活性層よりも発生放射線に対する小さな屈折率と大きな禁止帯巾とを有し、第2不活性層と基板とは接続導体に接続された半導体レーザに関するものである。

この種の半導体レーザは米国特許明細書第3984262号より知られている。

半導体pnレーザ、特にダブルヘテロ構造のレーザ(所謂DHレーザ)では、できる限り低いしきい値電流で所望のレーザ動作を得ることで過熱を防止するために、コヒーレントな放射線が発生されるレーザ構造の帯形活性部分にポンピング電流を確

実に閉込めるように種々の構造が用いられる。

単に簡単な方法では、電極の一方がレーザ面の帯形部分とだけ接触し、この領域以外は絶縁層例えば酸化シリコンの絶縁層によって分離されている。けれども、この構造では電極と活性層との距離が相当地大きく、この距離に亘って電流の拡がりが生じる。

やはり良く使用されるこれよりも良い方法は、レーザの帯形活性領域の外側に高抵抗領域を形成し、この高抵抗領域が、表面から活性層の付近迄または若し所望ならば更にこの層を通して延在するようにことができる。半導体レーザの活性部分に電流を有効に閉込めるこのような高抵抗領域は、結晶構造を乱したがつて著しく電気抵抗を増加するプロトン打込みによって形成されるのが普通である。この方法は米国特許明細書第3824133号に記載されている。けれどもこの方法は、このようなプロトン打込みには高価な装置が必要とされ、この打込みは可なり骨の折れる作業であるという欠点をもつ。

前述の欠点を除くために第3の方法が開発された。この方法は前述の米国特許明細書第3984262号に記載されており、活性層の付近の結晶構造内に埋込ブロック層が設けられ、このブロック層は、高抵抗材料またはブロック層が隣接の半導体材料とpn接合を形成するような導電型の半導体材料より成る。動作状態において、このpn接合は逆方向にバイアスしてもよく、またはこのpn接合を経て電流が流れないように方法で順方向にバイアスしてもよい。このようなブロック層は、例えば拡散法、イオン注入法、エピタキシャル成長法等によって簡単に形成することができ、優れた電流閉込めが得られる。したがって、この構造のレーザ、特にそのより進歩した形、就中「エレクトロニクス レターズ(Electronics Letters)」1982年10月28日第18巻第22号の第953-954頁に記載されたようなダブルチャネルプレーナ埋込形ヘテロ(DCPBH, Double Channel Planar Buried Hetero)レーザは数多くの用途に特に適している。

光通信のような重要な応用分野では、レーザを

非常に高い変調周波数例えば1GHz またはそれ以上で動作することが要求される。電流閉込めブロック層を有する前述のレーザは他の面では満足に動作することはわかったが、このような高い周波数では変調帯域幅の軽視できない制限を明らかにした問題が生じた。

本発明は就中この問題を除くか少なくとも著しく低減し、極めて高い周波数(>1GHz)での使用に適したブロック層電流閉込めを有する半導体レーザをうることにある。

本発明は就中次のような認識即ちこの目的はブロック層電流閉込めを有する公知の半導体レーザに最終処理を施すことによって達成することができるという認識に基づいたものである。

本発明は、冒頭に記載した種類の半導体レーザにおいて、乱された結晶構造(disturbed crystal structure)を有する高抵抗領域が、半導体の基板と反対の側から少なくともブロック層を通り抜けて帯形活性領域の外側に両方向に延在することを特徴とするものである。

このやり方は、電流閉込めにコストを増す複雑な技法を避けるという前述の目的と矛盾するように見える。更に、埋込ブロック層によって充分な電流閉込めが得られるのであるから、例えばプロトン打込みやその他の方法によって、乱された結晶構造を有する高抵抗領域をその上設けることは全く余計に見える。

けれども、この付加的な一見余計に見える方策の結果、このようにして得られたレーザは1GHzより遙か上の周波数でも満足に働くことができるということがわかった。この予想外に好ましい結果は少なくともかなりの程度次の事実に基づき得られる、即ち、高周波における前述の問題は、構造の横方向の寄生電流と組合って、ブロック層により隣接半導体材料と共に形成される容量によって生ずるものと考えられる。

乱された結晶構造を有する高抵抗領域は、高速粒子好ましくはプロトンの打込みによってえられる。ブロック層は絶縁性若しくは少なくとも高抵抗材料より形成してもよいが隣接半導体材料と動

作状態時に逆方向にバイアスされるpn接合を形成するのが好ましい。

帯型活性領域は、活性領域よりも発生放射線に対する小さな屈折率と大きな禁止帯巾を有する第2導電型の境界領域によって横方向に限界されるようにするのが有利である。この結果、放射線も帯型活性領域に横方向に閉込められる。特に光通信技術に用いるのに適した好ましい一実施態様では、帯型活性領域は2つの溝によって限界され、これ等の溝は、第2不活性層の上側から活性層を通過して第1不活性層内迄延在し、境界領域とこの境界領域上に設けられた第1導電型のブロック層とで少なくとも部分的に満たされる。

以下本発明を図面を参照して実施例により詳しく説明する。図面は寸法比を無視してある。図面を見易くするために特に垂直方向の寸法は著しく誇張してある。図面の対応部分には同じ符号を付してありまた同じ導電型の領域の断面は同じ方向の斜線で示してある。

第1図は本発明の半導体レーザの一実施例を断

面で線図的に示したものである。このレーザは、第1導電型、この場合にはn型の燐化インジウム(InP)の基板1を有する半導体を有する。前記の基板1上には、n型の燐化インジウムの第1不活性層(クラッド層)2と反対の即ちこの場合にはP型のやはり燐化インジウムより成る第2不活性層(クラッド層)3と、層2と3の間の活性層4とを有する層構造が設けられている。この活性層4はインジウムガリウム砒素燐(組成 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_y\text{P}_{1-y}$)より成る。 x と y の値を換えると、発生放射線の波長を約 $1.2\mu\text{m}$ と $1.6\mu\text{m}$ の間でかえることができる。この例では $x=0.73$ および $y=0.63$ で、一方層4はわざとドーピングされていない。

前記の層4は、この層4の導電型に応じて該層と層2と3の何れか一方との間に位置するpn接合を有する。このpn接合は、十分に大きな順方向電流において活性層4の帯型活性領域4Aにコヒーレントな電磁放射線が発生することができる。前記の帯型領域4Aは第1図で図面に直角に延在し、この領域4Aに直角に配設され且つ結晶の劈開面の形

をとる2つの鏡面によって形成された共振器(図示せず)内にある。 x と y の前記の値では、放射線波長は真空中で約 $1.3\mu\text{m}$ である。第1不活性層2と第2不活性層3は何れも発生放射線に対して活性層4よりも低い屈折率を有した活性層4よりも大きな禁止帯幅を有する。

このレーザは更に電流閉込めブロック層5を有し、この層は活性領域4Aの区域において帯型の中断部を有する。第2不活性層3(少なくともその一部はブロック層5で覆われていない)は、(この実施例ではp型InPの高濃度ドーピング層6とこの層の上に設けられた $x=0.79$ および $y=0.49$ を有するp型の $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_y\text{P}_{1-y}$ より成る高濃度ドーピング層7とを経て)金属の電極層8の形の接続導体に接続され、この電極層は、この実施例では酸化シリコンの絶縁層9により更にレーザの不活性部分と分離されている。基板1は電極層10を有する下側の上に設けられている。

更に、この実施例では、発生放射線に対して活性層4よりも低い屈折率を有したこの活性層4

よりも大きな禁止帯幅を有するInPのp型層の形の境界領域11がある。帯形活性領域4aは更に2つの溝12と13で限界され、これ等の溝は、第2不活性層3の上側から活性層4を通して第1不活性層2内迄延在し、前記の境界領域11とその上のブロック層5とで少なくとも部分的に満たされている。境界領域11と溝12および13とは本発明に絶対に必要なものではない。けれども、これ等は電流閉込めおよび活性領域4aへの放射線の閉込めを著しく助成する。

以上説明した半導体レーザは前述の「エレクトロニック レターズ」の論文より知られている。このレーザは光通信用の光源として使用するのに特に適している。

けれども、このレーザやブロック層を有するその他のレーザ構造の欠点は、非常に高い周波数で寄生容量および電流が極めて妨害となる影響を有し、このためこれ等レーザの変調帯域幅がひどく制限されるということである。寄生容量は特にブロック層の容量によって形成され、この実施例で

は更に電極層8と絶縁層9の容量によっても形成される。この実施例では、ブロック層5はn型InPより成るので、2つのpn接合が形成される、すなわち1つは層5と6の間にまた1つは層5と11の間に形成される。これ等のpn接合は比較的大きな寄生容量を生じる。層6と7の横方向抵抗は、前記の寄生容量と共に、レーザの不活性部のインピーダンスレベルを著しく低減したがって高周波挙動に不利に働くRCの組合せを形成する。

本発明によれば、乱された結晶構造を有する第1図にその境界を点線で示した高抵抗領域14が、半導体の基板1と反対の側から少なくともブロック層5を通り抜けて帯形活性領域4aの両側に延在している。この実施例における高抵抗領域はプロトン打込みによって得られ、レーザの不活性部分のインピーダンスレベルを著しく増す。この結果、このレーザは1GHzより遙か上の周波数迄使用することができ、広帯域光通信システムの適当な光源となった。

第2図においてAは前述した構造の半導体レー

ザの変調感度GをまたBは高抵抗領域14のない同じ半導体レーザの変調感度Gを夫々周波数の関数として例示したものである。ここで変調感度Gという言葉は、ポンピング電流の変化の関数としての放出力の変化を意味するものである。第2図でGは(任意の単位で)対数的にプロットされている。高抵抗領域14のないレーザは、100MHz以上では変調感度が著しく低減されているが、本発明のレーザではこの変調感度は略々2GHzの周波数迄大体一定に保たれることがはっきりわかるであろう。

以上説明した半導体レーザは第3図から第5図に示した方法でつくることができる。

出発材料は、360 μm の厚さ、(100)面および例えば $5 \cdot 10^{18}/\text{cm}^3$ のキャリア濃度をもったn型磷化インジウムの基板1である(第3図参照)。

この基板上に、例えば液相エピタキシャル成長法(LPE)によって、約3 μm の厚さと $2 \cdot 10^{18}$ 鋅原子/ cm^3 のドーパ濃度を有するn型磷化インジウムの層2と、 $\text{In}_{0.13}\text{Ga}_{0.21}\text{As}_{0.66}$

$\text{P}_{0.01}$ の組成と0.15 μm の厚さを有し、わざとドーパしていない活性層4と、1 μm の厚さと $2 \cdot 10^{18}$ 亜鉛原子/ cm^3 のドーパ濃度を有するp型磷化インジウムの層3と、 $\text{In}_{0.79}\text{Ga}_{0.21}\text{As}_{0.49}\text{P}_{0.51}$ の組成と $5 \cdot 10^{18}$ 亜鉛原子/ cm^3 のドーパ濃度を有するp型被覆層15とが通常のようにして連続的に成長される(第3図参照)。

このアセンブリ11は次いで成長装置から取出される。この場合被覆層15は、高温の間層3からの磷の蒸発を防ぐのに役立つ。この層構造を冷却した後、前記の被覆層15は例えば濃硫酸と H_2O_2 30%の混合物でのエッチングによって除去される。次いで、例えば臭化メタノールをエッチャントとして用いて通常の写真印刷技法により層3の表面に溝12と13をエッチする。上側ではこの溝は約9 μm の幅を有し、3 μm の深さを有する。その上側で溝間にあるメサの幅は約1.5 μm である。

次いでこのアセンブリは再び成長装置内に置かれる。先づ $8 \cdot 10^{17}$ 亜鉛原子/ cm^3 のドーパ濃度を有するp型磷化インジウム層11が成長され、こ

の上に、 $8 \cdot 10^{17}$ ゲルマニウム原子/cm³ のドーピング度を有するn型燐化インジウム層5(ブロック層)が成長される。溝12,13と前記のメサ以外の構造の平坦部分上では、これ等の層は約0.5 μmの厚さを有する。これ等の層は部分的に溝を埋めるが、メサ上には成長しない。次いで、1 μmの厚さと $8 \cdot 10^{17}$ 亜鉛原子/cm³ のドーピング度を有するp型燐化インジウム層6と、In_{0.75}Ga_{0.25}As_{0.45}PO_{0.55}の組成を有し、1 μmの厚さと $2 \cdot 10^{18}$ 亜鉛原子/cm³ のドーピング度を有するp型層7が成長される。この時第5図の構造が得られる。

若し所望ならばこの時酸化層9を形成し、この層内に、溝と中間領域の上方を開けて置く10 μm幅の帯がエッチされる。良好なオーミック接触を得るために亜鉛がこの帯内に拡散される。次いで、この帯の表面に約2.5 μmの厚さの金マスクを公知の写真印刷方法によって設ける。 $3 \cdot 10^{15}$ プロトン/cm³の量のプロトンを320 KeVのエネルギーで打込むことによって、次いで領域14が形成される。

最後に、エッチングによって基板1の厚さが約80 μmに減少され、その後金属の電極層8と10が設けられ、鏡面として役立つ劈開面が彫削いて割ることにより得られる。次いでこの半導体レーザを通常の方法で仕上げることができる。

高抵抗領域14は、プロトン打込みの代わりに、その他の高速粒子例えばジュウテリウムイオンやヘリウムイオンの打込みで得ることもできる。この領域14は打込みエネルギーによっては、この実施例におけるよりも深く例えば活性層4を通して第1不活性層2迄延在することもできる。

前記の領域14は非常に高抵抗ではしたがって殆ど電流の拡がりを生じることがないので、酸化層9の存在は必ずしも必要でない。

ブロック層5は、n型層の代わりに絶縁物質の層または例えばイオン打込みで得た非常に高抵抗層でもよい。

本発明は、以上述べたレーザ構造だけでなく、電流の閉込めが埋込みブロック層によって得られるすべてのレーザ構造にも一般的な意味で有利で

あるといえる。第6図と第7図は、本発明による高抵抗領域14をそなえたブロック層5を設けた2つの別の公知の半導体レーザの断面図を示す。

第6図は、本発明による高周波挙動を改良するための乱された結晶構造を設けて高抵抗領域14を設けた米国特許明細書第3984262号の半導体レーザの断面図を示す。基板1はこの場合n型砒化ガリウムで、一方第1不活性層2はn型Al_xGa_{1-x}As、活性層4はGaAs、第2不活性層3はp型Al_xGa_{1-x}As、最上層20はp型GaAsより成る。

第7図は、p型GaAsの基板1、p型Al_xGa_{1-x}As、の第1不活性層2、GaAsの活性層4、n型Al_xGa_{1-x}As、の第2不活性層3、n型GaAsの最上層30を有する別のよく使用される半導体レーザの断面図を示す。この場合にも、乱された結晶構造を有する高抵抗領域14がブロック層5を通して基板1内迄延在している。

更に層構造は種々の方法で変えることができるということに留意すべきである。その上、特にブロック層またはその他の層もいくつかの並置した副

層(sublayers)より構成し、一方パッファ層の形の中間層を種々の技術的および/または電氣的な目的で加えてもよい。種々の半導体層の導電型をすべて反対の導電型に(同時に)変えてもよく、また使用半導体材料およびドーピング度は、用途および発生放射線の周波数に応じて当該技術者により所望のように変えられることもできる。

以上説明した実施例では共振器は結晶の劈開面で形成されているが、本発明はこれとは別に形成された共振器例えば分布帰還(DFB"Distributed Feedback")または分布ブラッグ反射器(DBR"Distributed Bragg Reflector")を有するレーザにも用いることができる。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の半導体の一実施例の断面図、

第2図は第1図のレーザの変調感度と高オーム領域のない同じレーザの変調感度との比較を示す線図、

第3図から第5図は第1図のレーザの製造段階を示す断面図、

第6図および第7図は夫々本発明のレーザの別の実施例の断面図を示す。

- | | |
|--------------|------------|
| 1…基板 | 2…第1不活性層 |
| 3…第2不活性層 | 4…活性層 |
| 4A…活性領域 | 5…ブロック層 |
| 6, 7…高濃度ドーパ層 | 11…境界領域 |
| 8, 10…電極層 | 12, 13…溝 |
| 14…高抵抗領域 | 20, 30…最上層 |
| 15…被覆層 | |

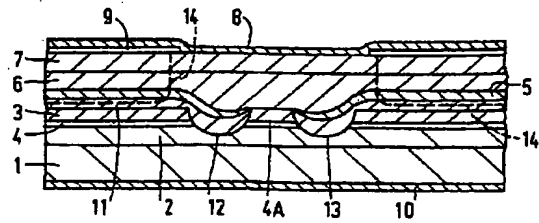


FIG. 1

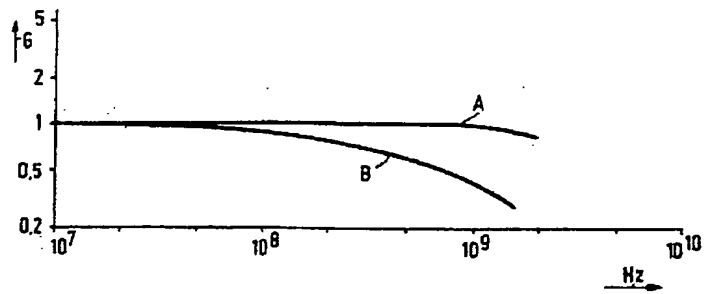


FIG. 2

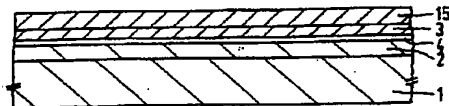


FIG. 3

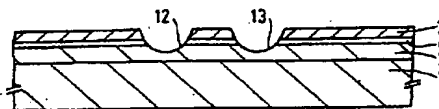


FIG. 4

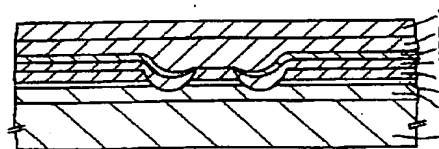


FIG. 5

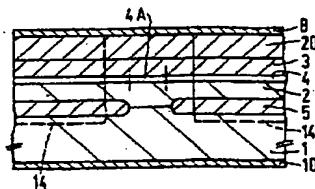


FIG. 6

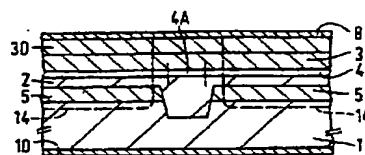


FIG. 7